

## **Können Computer denken?**

*Künstliche Intelligenz (KI) im Informatikunterricht in fachübergreifender  
Zusammenarbeit mit dem Fach Philosophie am Beispiel des  
Sprachverstehens*

Schriftliche Hausarbeit  
vorgelegt im Rahmen der  
zweiten Staatsprüfung für das  
Lehramt für die Sekundarstufen II und I

Gutachterin: Frau Kibben

vorgelegt von

Achim Willenbring  
geboren am 09.07.1973  
Sternstraße 47  
48145 Münster  
0251 / 1366447

# Inhaltsverzeichnis

I	Einleitung.....	1
II	Fächerübergreifender Unterricht in der Sek II.....	2
II.1	Begriffsklärung.....	2
II.2	Notwendigkeit des fächerübergreifenden Unterrichts.....	2
II.3	Ziele des fächerübergreifenden Unterrichts.....	3
II.4	Probleme und Gefahren des fächerübergreifenden Unterrichts.....	5
II.5	Die Fächer Philosophie und Informatik an der Nahtstelle der Geistes- und Naturwissenschaften.....	5
II.6	Fächerübergreifender Unterricht aus Sicht der Informatik.....	6
III	KI im Informatikunterricht.....	8
III.1	Was ist KI.....	8
III.2	Philosophische Aspekte der KI.....	9
III.3	Warum KI als Unterrichtsinhalt des Informatikunterrichts.....	11
III.4	KI im fächerübergreifenden Unterricht der Fächer Philosophie und Informatik.....	12
IV	Sprachverstehen als zentraler Aspekt der KI.....	14
IV.1	Sprechen ist dem Denken ähnlich.....	14
IV.2	Eigenschaften natürlicher Sprache.....	15
IV.3	Eigenschaften künstliche Sprachen.....	17
IV.4	Sprachverstehen in der KI.....	17
IV.5	Sprachverstehen als Thema der Unterrichtsreihe.....	18
V	Ein Unterrichtsvorschlag.....	20
V.1	Grundlegende Überlegungen.....	20
V.2	Lernziele.....	21
V.2.1	1. Lernziel: Begriffsklärungen.....	21
V.2.2	2. Lernziel: Verarbeitungstechniken des Computers in bezug auf Sprache und Wissen und das Prinzip der Formalisierung kennen lernen.....	21
V.2.3	3. Lernziel: Die Mächtigkeit der natürlichen Sprache erfahren.....	22
V.2.4	4. Lernziel: Erweiterung des Verständnisses für die Fragen "Was ist ein Computer?" und "Was ist ein Mensch?" .....	22
V.3	Wahl des Zeitpunktes für die Reihe.....	23
V.4	Äußere Organisation der Unterrichtsreihe.....	24
V.5	Inhaltliche Organisation der Unterrichtsreihe.....	25
V.5.1	gemeinsamer Beginn (Konvergenz).....	25
V.5.2	getrennter Teil der Informatik(Divergenz).....	25
V.5.3	getrennter Teil der Philosophie (Divergenz).....	27
V.5.4	gemeinsamer Abschluss (Konvergenz).....	27
V.6	Was unterscheidet den Computer (noch?) vom Menschen?.....	28
VI	Schlussbemerkung.....	30
VII	Anhang.....	32
VII.1	Anhang 1: TESMIK – ein deutscher Verwandter von ELIZA.....	32
VII.1.1	ELIZA .....	32
VII.1.2	TESMIK.....	33
VII.2	Anhang 2: Der Turing-Test.....	33
VII.3	Anhang 3: Vergleich Mensch, Science-Fiction-Roboter, ELIZA.....	34
VIII	Literaturverzeichnis.....	36

## I Einleitung

Schließlich würde ich gern für die geopfert zahllosen Stunden und späten Abende meinem unermüdlichen, immer loyalen, sich nie beklagenden Computer danken – ich habe ihn jedoch verkauft.

JOHN HAUGELAND

Können Computer denken? Diese Frage fasziniert und befremdet. Sie ist Gegenstand des jungen Forschungsgebiet der Kognitionswissenschaft, die gemeinhin mit dem griffigen Namen "Künstliche Intelligenz" (KI) versehen wird. Im Mittelpunkt steht dabei nicht der Computer, sondern der menschliche Geist und die Frage ob er auf einem Computer programmiert werden kann. Mit diesen Fragen ist die KI auch nicht auf das Gebiet der Informatik beschränkt, sondern geht weit darüber hinaus. Insbesondere ist die alte philosophische Frage nach dem Wesen des menschlichen Geistes neu berührt. Aus diesem Grund soll das Thema KI in dieser Examensarbeit als fächerübergreifendes Unterrichtsvorhaben der Fächer Informatik und Philosophie aufgegriffen werden.

Im ersten Teil der Arbeit soll die Bedeutung des fächerübergreifenden Unterrichts für die gymnasiale Oberstufe herausgestellt werden. Dabei wird seine Stellung zum Fachunterricht unter Beachtung des wissenschaftspropädeutischen Anspruchs der Oberstufe bestimmt und auf Gefahren und Schwierigkeiten hingewiesen.

Der zweite Teil soll eine theoretische Begründung für das Thema KI als unerlässlichen Bestandteil eines modernen Informatikunterrichts liefern, der sich nicht als "Programmierkurs" versteht. Dabei wird das Forschungsgebiet der KI vorgestellt und der Bezug zum Fach Philosophie hergestellt.

Der dritte Teil dient der Vorbereitung der im vierten Teil vorgestellten Unterrichtsreihe. Dort soll die KI am Problem des maschinellen Sprachverstehens exemplarisch bearbeitet werden. Der Unterrichtsvorschlag bezieht sich auf ein Vorhaben, das in den letzten 6 Wochen dieses Schuljahres an meiner Schule in Zusammenarbeit der Philosophie- und Informatikkurse durchgeführt werden soll. Im Rahmen dieser Arbeit können dabei nur der grobe Verlauf und die mit dem Unterricht verbundenen Ziele vorgestellt werden, es finden sich aber ausreichend Hinweise, wie die konkrete Umsetzung im Unterricht aussehen wird.

## II Fächerübergreifender Unterricht in der Sek II

Wissen, Meisterschaft auf einem Felde, wird durch Unwissen, durch Ignoranz auf anderen Feldern erkaufte. Wir wissen immer mehr von immer weniger und immer weniger von immer mehr.

JÜRGEN MITTELSTRAB

### II.1 Begriffsklärung

Der Titel dieser Arbeit verwendet das Wort "fachübergreifender" Unterricht. Dieser Begriff soll keine Festlegung auf eine bestimmte Form der interdisziplinären Zusammenarbeit beinhalten. Von der Definition<sup>1</sup> her bedeutet fachübergreifender Unterricht Unterricht innerhalb eines Faches mit Integration von Beiträgen anderer Fächer. Der in dieser Arbeit vorgestellte Unterrichtsvorschlag bezieht sich aber explizit auf den gemeinsamen oder parallelen Unterricht in zwei Fächern. Der korrekte Begriff an dieser Stelle wäre "fächerverbindender" Unterricht. Es wird im Laufe dieser Arbeit auch begründet, warum bei dem gewählten Thema gerade fächerverbindendes Arbeiten notwendig ist.

Mir waren diese Begrifflichkeiten bei der Themenwahl so noch nicht klar. Im Rahmen dieser Arbeit werde ich auf das Wort fachübergreifend verzichten und statt dessen stets das Wort fächerübergreifend benutzen. Es ist nicht einschränkend gemeint, sondern ist im allgemeinen Sinne von interdisziplinär zu verstehen.

### II.2 Notwendigkeit des fächerübergreifenden Unterrichts

Der Schulalltag der gymnasialen Oberstufe wird heute durch den Fachunterricht im Kurssystem mit wechselnden Lerngruppen bestimmt. Manifestation (und sicher teilweise auch Grund) des unverbundenen Nebeneinander der Fächer sind das durch ihr Fach geprägte Selbstverständnis der Lehrer<sup>2</sup> und ein Schubladendenken von Schülern<sup>3</sup>. Selbst innerhalb der drei Aufgabenfelder der sprachlich-künstlerischen Fächer, der gesellschaftswissenschaftlichen Fächer und der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer existieren die jeweiligen Fächer größtenteils nebeneinander her.

Hauptziel der gymnasialen Oberstufe ist das wissenschaftspropädeutische Lernen, also die Vorbereitung auf ein wissenschaftliches Studium. Von daher wächst in der Oberstufe in Hinblick auf Inhalte und Methode die Anbindung der

1 vgl. [LINRW] S. 8ff. Hier sind auch Organisationsformen und Modelle der Zusammenarbeit zwischen Fächern beschrieben.

2 Ich empfehle die Teilnahme an einer Lehrerkonferenz zum Thema "Profilbildung in der Oberstufe".

3 Antwort eines Schülers auf die Aufforderung des Informatiklehrers den Abprallwinkel eines Balles an einer Wand zu berechnen: "Wir haben doch jetzt kein Mathe".

Fächer an die jeweilige Fachwissenschaft. Die modernen Wissenschaften sind geprägt durch eine immer stärkere Spezialisierung (in mehr als 4000 Fächer) ohne die heute erfolgreiche Forschung nicht mehr denkbar ist. Jede wissenschaftliche Disziplin zeichnet sich durch ihre eigene Sprache, ihre eigenen Methoden und ihre eigene perspektivische Konstruktion der Wirklichkeit aus. Gerade die Lehrer der Sekundarstufe II sind durch ihr Studium in ihrer speziellen Fachkultur dieser zergliederten Wissenschaftswelt sozialisiert, was wiederum auf die Schule zurückwirkt.

Aus den gerade skizzierten Gründen besteht die Gefahr, dass die an der Universität betriebene notwendige Spezialisierung in quasi vorseilendem Gehorsam an die Schule transportiert wird. Hier ist zu hinterfragen, was unter der in den Richtlinien geforderten Wissenschaftspropädeutik zu verstehen ist und wie sich die Schule in bezug auf die aus der Spezialisierung resultierenden Probleme positioniert und selbst versteht. Die Richtlinien legen dazu fest:

Wissenschaftspropädeutisches Lernen umfasst systematisches und methodisches Arbeiten sowohl in den einzelnen Fächern als auch in fachübergreifenden und fächerverbindenden Vorhaben.<sup>4</sup>

Damit stellen die Richtlinien die Interdisziplinarität als wesentlichen Bestandteil **neben** den Fachunterricht und zielen damit "auf den Gesamtsinn und die Gesamtbedeutung von Wissen"<sup>5</sup>, eben auf Bildung. Festzustellen bleibt nach VON HENTIG:

"Der Fehler ist nicht die Spezialisierung, sondern ihre Trennung von der allgemeinen Bildung. Sie [die einzelnen Disziplinen] müssen und können vor allem in Schulen (nicht an der Universität) in Beziehung zueinander gelernt werden."<sup>6</sup>

Damit hat die Schule und insbesondere die gymnasiale Oberstufe die Aufgabe, den künftigen Spezialisten nicht nur Kenntnisse im spezialisierten Arbeiten mitzugeben, sondern auch die Erfahrung der Grenzen der Fächer und der Notwendigkeit des Diskurses mit anderen Disziplinen.

### **II.3 Ziele des fächerübergreifenden Unterrichts**

Das Hauptziel des fächerübergreifenden Unterrichts ist es, den Gefahren der "erkenntnisbegrenzenden Disziplinarität"<sup>7</sup> entgegenzuwirken. Um den Nutzen der Spezialisierung zu vermehren ist es notwendig, in der Schule durch eine Orientierung an übergreifenden Zusammenhängen gut vernetztes

---

4 [LEHRPLAN] S. XII

5 [GUDJOHNS] S. 41

6 HARTMUT VON HENTIG, zitiert nach [GOLECKI 97] S.19

7 [GUDJOHNS] S. 41

Grundlagenwissen und die Bereitschaft zu einer distanzierten Betrachtungsweise der eigenen Fachkultur zu vermitteln. Dabei ist die Bereitschaft zur Kommunikation über Fachgrenzen hinweg und auch in bezug auf Nichtfachleute zu fördern.

Aus dieser Überlegung, den in Ziffer 3.2 der Richtlinien gestellten Anforderungen und in Anlehnung an die von GOLECKI<sup>8</sup> aufgestellten erweiternden Dimensionen des fächerübergreifenden Unterrichts in bezug auf den Fachunterricht sollen hier folgende Ziele<sup>9</sup> festgehalten werden:

- Die spezielle Fachperspektive eines Faches soll punktuell immer wieder durchbrochen werden. Die notwendigen Ablendungen der Wirklichkeit durch das einzelne Fach sollen durch die Konfrontation mit Sichtweisen anderer Fächer immer wieder in das Bewusstsein der Schüler gehoben werden und daraus resultierend auch im Unterricht thematisiert und reflektiert werden.
- Durch die Behandlung gleicher Themen mit den Fachmethoden unterschiedlicher Fächer sollen den Schülern komplexere Handlungsmöglichkeiten aufgezeigt werden, als dieses innerhalb eines Faches geschehen kann.
- Es soll die Kommunikation zwischen den Fachleuten aus verschiedenen Disziplinen geübt werden. Hierbei sollen durch die Anwendung des eigenen Fachwissens auch die Relevanz und die Grenzen dieses Wissens erkannt werden.
- Geübt werden soll auch die Bereitschaft und Fähigkeit Laien die Gegenstände und die Bedeutung des eigenen Faches zu vermitteln. Dadurch soll der Gefahr von "abgehobenen" Wissenschaften hinter verschlossenen Labortüren entgegengewirkt werden, die in der Öffentlichkeit vor allem Ängste und Misstrauen hervorruft.
- Es soll eine Einsicht in den Zusammenhang der verschiedenen Wissenschaften und die Notwendigkeit und den Erfolg von Kooperation erzeugt werden.
- Durch fächerübergreifenden Unterricht sollen nicht nur die im Unterricht behandelten Gegenstände, sondern auch die Fächer selber stärker in die Lebenswelt der Schüler eingebettet werden. Dadurch werden auch ihre sozialen und ethischen Probleme stärker sichtbar.

---

<sup>8</sup> [GOLECKI 97] S. 20

<sup>9</sup> Diese Ziele sind sicher nicht vollständig. Sie spiegeln meine persönlichen Zielvorstellungen in Bezug auf fächerübergreifenden Unterricht wieder.

Diese Ziele sollen eine Antwort geben auf "das Paradox, dass allgemeine Bildung nur durch Spezialisierung und *deren* Transzendierung und Reflexion zu haben ist. Diese letztere zu leisten ist die eigentliche Aufgabe der allgemeinen Wissenschaftspropädeutik"<sup>10</sup>

#### **II.4 Probleme und Gefahren des fächerübergreifenden Unterrichts**

Im wesentlichen ergeben sich bei fächerübergreifendem Unterricht Probleme organisatorischer Art. Spätestens dann, wenn ein Lehrer nicht allein innerhalb seines Fachunterrichts fächerübergreifende Gesichtspunkte anspricht oder den fächerübergreifenden Unterricht nicht innerhalb seiner beiden Unterrichtsfächer bewerkstelligen kann, muss er sich mit (mindestens einem) Kollegen detailliert über Unterrichtsinhalte abstimmen. Diese Unterfangen wird dadurch erschwert, dass kaum ein Lehrer über die Unterrichtsinhalte aus anderen Fächern Bescheid weiß. Dazu kommt eine verständliche Unsicherheit, den gewohnten und lieb gewonnenen fachlichen Rahmen zu verlassen.

Ein weiteres Hindernis stellt das Kurssystem mit seinen wechselnden Lerngruppen dar. Da die Schüler zweier fächerübergreifender Kurse im Regelfall nicht die selben sind und ihr Stundenplan durch weitere Kurse blockiert ist, findet sich äußerst schwierig Raum für gemeinsamen Unterricht. Aus diesem Grund werden fächerübergreifende Themen auch häufig im Rahmen von Projektwochen behandelt. Soll dies im Rahmen des üblichen Unterrichts geschehen, so müssen die beteiligten Lehrer und Schüler flexibel in der Gestaltung des gemeinsamen Arbeitens sein. Zudem ist viel Disziplin von allen Beteiligten gefordert, wenn zu verabredeten Terminen im Voraus (ob mit oder ohne Schülerbeteiligung) definierte Arbeitsstände erreicht sein müssen.

Nichtsdestotrotz ist fächerübergreifender Unterricht bei entsprechendem Willen aller Beteiligten möglich. Dabei ist allerdings darauf zu achten, dass er kein Zweck an sich ist. Er ist Mittel zum Erweitern der Möglichkeiten des traditionellen Fachunterrichts und nur unter den o.g. Zielsetzungen sinnvoll.

#### **II.5 Die Fächer Philosophie und Informatik an der Nahtstelle der Geistes- und Naturwissenschaften**

Im Rahmen dieser Examensarbeit wird ein Unterrichtsvorschlag vorgestellt, in dem in Zusammenarbeit der Fächer Philosophie und Informatik das Thema "Künstliche Intelligenz" behandelt wird. Diese beiden Fächer besitzen (wenn auch aus unterschiedlichen Gründen) eine besondere Stellung, da sie sich

---

<sup>10</sup> LUDWIG HUBER, zitiert nach [GOLECKI 97] S. 19

weniger als andere Fächer einem der drei Aufgabenbereiche zuordnen lassen sondern eher dazwischen stehen<sup>11</sup>. Die Philosophie beschäftigt traditionell “die Suche nach übergreifender Einheit und das Überschreiten von Grenzen” und folgerichtig versteht sie sich auch “als Vermittlerin zwischen den Fächern”<sup>12</sup> insbesondere auch zu den Naturwissenschaften. Von den Schülern wird sie vorwiegend den Geisteswissenschaften zugeordnet, unter anderem weil sie vorwiegend nach der hermeneutischen Methode arbeitet.

Bei der Informatik scheint die Einordnung als Naturwissenschaft zunächst naheliegend zu sein (und ist es im Verständnis der meisten Schüler und Lehrer wohl auch). Sie ist aber dies gerade nicht. Als “Wissenschaft von der Verarbeitung von Informationen in Natur, Technik und Gesellschaft”<sup>13</sup> ist sie eher irgendwo zwischen Strukturwissenschaften wie der Mathematik und informationstechnischen Anwendungsgebieten nahezu aller Fachdisziplinen anzusiedeln. Es gibt heute kaum noch eine Wissenschaft, die nicht den Computer und damit auch die Informationswissenschaft als Werkzeug und Medium verwendet.

In der Schule wird die Informatik dem naturwissenschaftlich-mathematischen Aufgabenbereich zugeordnet, unterscheidet sich in ihrer Methodik aber deutlich von den Naturwissenschaften und durch stärkere Akzentuierung von Modellierung und Konstruktion sowie stärkeren Anwendungsbezug auch von der Mathematik.

Aus diesen Gründen eignen sich die beiden Fächer Philosophie und Informatik ganz besonders für fächerübergreifenden Unterricht.

## ***II.6 Fächerübergreifender Unterricht aus Sicht der Informatik***

Der Lehrplan für Informatik in NRW nimmt die Zusammenarbeit mit anderen Fächern als Aufgabe und Ziel der Informatik<sup>14</sup> auf, trifft zu ihrer Ausgestaltung aber keine Festlegungen sondern stellt lapidar fest:

Der fachübergreifende Aspekt der Informatik liegt in ihren Anwendungsfeldern. Der fächerverbindende Aspekt ergibt sich durch die allgemeinen Methoden und Systeme, die bei Problemlösungen in verschiedenen Fachbereichen benutzt werden.<sup>15</sup>

---

11 Außer den durch die Richtlinien aus den Aufgabenbereichen herausgenommenen Fächern Sport und Religion hat man ähnliche Probleme höchstens mit der Mathematik, die (wie die Informatik) den Strukturwissenschaften zugeordnet wird.

12 [TICHY] S. 115

13 KERNER, zitiert nach [BAUMANN 93]

14 [LEHRPLAN] S. 8

15 [LEHRPLAN] S. 23



Dieser Gedanke ist sicher richtig und bietet auch ausreichend Raum für fächerübergreifendes Unterrichten, blendet jedoch einige Aspekte aus.

- Die Informationstechnologie hat in den letzten 20 Jahren einen so massiven und tiefgreifenden Einfluss auf die Arbeitsbedingungen sowie das soziale und gesellschaftliche Umfeld des Menschen gehabt wie nur wenige technische Entwicklungen zuvor<sup>16</sup>. So empfahl die Gesellschaft für Informatik schon 1976 als Lernziel, die "Fähigkeit, die Auswirkungen der Datenverarbeitung auf die Gesellschaft zu erkennen". Von daher bieten sich fächerübergreifende Vorhaben mit den gesellschaftswissenschaftlichen Fächern an.
- Die gesellschaftlichen Auswirkungen der Informationstechnik wirken selbstverständlich auf den Menschen zurück und stellen neue Anforderungen in Hinblick auf seine Positionierung in bezug auf die Technik sowie auf den verantwortungsbewussten Umgang mit der Informations- und Kommunikationstechnologie. Dadurch ergeben sich Berührungspunkte unter Fragestellungen der Ethik mit den Fächern Religion und Philosophie.

Neben diesen beiden Beispielen gibt BAUMANN viele weitere Anknüpfungspunkte für fächerübergreifenden Unterricht.<sup>17</sup>

In dieser Examensarbeit soll ein weiterer Aspekt der Entwicklung der Informationstechnologie als Unterrichtsbeispiel für fächerübergreifenden Unterricht in den Mittelpunkt gestellt werden: Die Künstliche Intelligenz (KI). Bevor genauer begründet wird, warum sich dieses Thema bei Betrachtung der o.g. Ziele besonders für fächerübergreifenden Unterricht eignet soll, zunächst einmal geklärt werden, was unter KI zu verstehen ist.

---

<sup>16</sup> Vergleichbar ist wohl nur die Industrialisierung in Folge der Erfindung der Dampfmaschine.

<sup>17</sup> [BAUMANN 96] Kapitel 9

### III KI im Informatikunterricht

KI ist das, was der Mensch besser kann.

Spötter

#### III.1 Was ist KI

MARVIN MINSKY, einer der Gründerväter der KI gab folgende Definition: "Artificial Intelligence is the science of making machines do things that would require intelligence if done by men"<sup>18</sup>. Diese Definition stellt die primäre und zentrale Zielsetzung der KI (besonders in ihrer Frühzeit, den 50er und 60er Jahren des letzten Jahrhunderts) in den Vordergrund, nämlich die intelligenten Fähigkeiten<sup>19</sup> des Menschen ganz oder teilweise durch Programmierung auf Computer zu übertragen. Dieses Unterfangen erlitt nach einem enthusiastischen Start (stark gefördert durch das Militär und vor allem auf dem Gebiet des automatischen Übersetzens) viele Rückschläge. Aus diesem Grund trat im Laufe der Zeit immer mehr die menschliche Intelligenz selbst als Forschungsgegenstand in den Mittelpunkt des Interesses.

Wie funktioniert Intelligenz? Was sind die Bestandteile und Voraussetzungen der Intelligenz? Wie schafft es das menschliche Gehirn (oder der gesamte Kognitionsapparat des Menschen) Intelligenz zu erzeugen? Diese Fragestellungen erweiterten das Forschungsgebiet der KI auf den Bereich der Kognitionswissenschaften, der heute gleichwertig zu dem informationswissenschaftlichen Anteil zu sehen ist. Parallel wurde der Computer immer mehr als Hilfsmittel gesehen, die Funktionsweise der menschlichen Intelligenz zu ergründen, denn als intelligente Maschine. Gerade der Versuch Aspekte der Intelligenz mit der notwendigen Exaktheit eines Computerprogramms zu beschreiben hat das Verständnis und das theoretische Wissen über die Intelligenz enorm vergrößert. So ist denn auch die Definition von GÖRZ zeitgemäßer, die beide Aspekte der KI-Forschung betont:

KI ist eine wissenschaftliche Disziplin, die das Ziel verfolgt, menschliche Wahrnehmungs- und Verstandesleistungen zu operationalisieren und durch Artefakte, kunstvoll gestaltete technische – insbesondere Informationsverarbeitende – Systeme verfügbar zu machen.<sup>20</sup>

Exemplarisch sollen hier einige Aspekte der Intelligenz aufgeführt werden, denen sich Teilbereiche der KI direkt zuordnen lassen:

<sup>18</sup> MINSKY, zitiert nach [GOLECKI 94 I] S. 9

<sup>19</sup> Eine genaue Definition der Intelligenz kann nicht angegeben werden. Unter Intelligenz wird in dieser Arbeit die Fähigkeit verstanden, die dem Menschen hilft sich in seiner Umwelt zurechtzufinden und sie in seinem Sinne zu beeinflussen. In diesem Sinne ist auch die Frage "Können Computer denken?" zu verstehen. Andere geistige Fähigkeiten des Menschen wie Bewusstsein oder Gefühle sind zunächst ausgeklammert.

<sup>20</sup> [GÖRZ] S.1

- *Sprachverstehen*: Ziel ist es den "Mechanismus" der Sprache zu ergründen, um Systeme zu entwickeln, die mit einem Benutzer einen Dialog führen können oder automatische Übersetzungen von Texten vornehmen können. Dieses Problem ist bis heute ungelöst und gilt als das Schlüsselproblem der KI (s.u.)
- *Wissen und Lernen*: Es wird untersucht, wie der Mensch sein Wissen organisiert, verändert und Schlüsse daraus zieht. Die wichtigste Anwendung dieses Bereiches stellen die Expertensysteme<sup>21</sup> dar.
- *Bildverstehen*: Hier wird die inhaltliche Analyse visueller Daten untersucht. BAUMANN führt als Anwendungsbeispiel die Auswertung der Bilder von Spionagesatelliten an<sup>22</sup>.
- *mathematisches Beweisen*: Dies ist eine sehr spezielle intelligente Fähigkeit, die aufgrund ihrer hohen Formalisierbarkeit sehr früh untersucht wurde und auf deren Gebiet früh Erfolge erzielt wurden.
- *autonome Intelligenz*: Das Forschungsgebiet zu diesem Aspekt der Intelligenz ist die Robotik. Dort werden autonome intelligente Systeme untersucht, die durch Sensoren ihre Umwelt wahrnehmen und über Effektoren auf sie zurückwirken können. Dieses eher umfassende Teilgebiet hat sich aus der Erkenntnis entwickelt, dass die Intelligenz nicht getrennt vom Kognitionsapparat des Menschen betrachtet werden kann.<sup>23</sup>

Es soll an dieser Stelle klar festgehalten werden, dass trotz beeindruckender Erfolge auf vielen Teilgebieten Computer, die Intelligenz im Sinne von Alltagsverstand, allgemeinem Wissen und menschenähnlicher Flexibilität besitzen, nicht in Sicht sind. Eine der Grundfragen der KI bleibt weiterhin: "Läßt sich Intelligenz programmieren oder ist das ein Widerspruch in sich?"<sup>24</sup>

### **III.2 Philosophische Aspekte der KI**

Die Philosophie beschäftigt sich seit ihrem Bestehen mit dem Denken des Menschen. Die Vorstellung vom Denken wurde dabei durch naturwissenschaftliche Erkenntnisse und technische Erneuerung beeinflusst. Es wurden Analogien für die Arbeitsweise des Geistes und Denkens als Webstuhl, Uhrwerk, etc. angegeben, die sich stets als unhaltbar erwiesen.

---

<sup>21</sup> Das sind Systeme, die beispielsweise Krankheitssymptome abfragen und aus den Eingaben und ihrem gespeicherten Wissen eine Diagnose erstellen können. Das ihnen zur Verfügung stehende Wissen muss vorher durch die Befragung vieler menschlicher Experten zusammengetragen werden.

<sup>22</sup> [BAUMANN 96] S.335

<sup>23</sup> Zu diesem Thema gibt der Artikel von [RITTER] einen guten Überblick.

<sup>24</sup> [GOLECKI 94 I] S.10

Damit stellt sich die Frage, ob der heutige Vergleich, dass das Gehirn wie ein Computer arbeitet<sup>25</sup>, nicht ebenso abwegig ist.

Um 1650 stellte HOBBS die These auf: "Unter rationeller Erkenntnis ... verstehe ich Berechnung"<sup>26</sup>. Dahinter steht die Vorstellung, dass Denken als inneres Operieren mit Symbolen vergleichbar zu mathematischen Berechnungen mit Bleistift und Papier ist. Mit dieser Idee wurde er zum "Großvater der KI"<sup>27</sup>, in dem er den Grundstein für die zentrale Tradition der abendländischen Philosophie legte, nach deren Verständnis Denken im wesentlichen die rationale Manipulation geistiger Symbole (Ideen) ist. Mit dem Computer ist eine Maschine entwickelt worden, die auf beliebige Weise beliebige Zeichen manipulieren kann. Er macht also etwas ähnliches wie unser Gehirn<sup>28</sup>. Da die vom Computer ausgeführten Manipulationen programmiert werden können, stellt sich die Frage, ob dies nicht so geschehen kann, dass die Manipulationen als rational zu bezeichnen sind. Dann hätte man eine Maschine die denkt und kommt im Umkehrschluss zur "Computer-Metapher".

Die KI ist wie gerade angedeutet in der Philosophie schon wesentlich älter, als sie es aus informatischer Sicht ist. Trotzdem sind durch die potentielle Möglichkeit mit dem Computer über eine intelligente Maschine zu verfügen viele zentrale Probleme der Philosophie neu unter diesem Aspekt zu betrachten. Exemplarisch führe ich hier auf:

- *Leib-Seele-Problem.*<sup>29</sup> DESCARTES vertrat den Standpunkt, dass Geist und Materie zwei verschiedene Substanzen sind. Dieser dualistische Standpunkt wurde in der Philosophie in den letzten Jahrhunderten eher zugunsten des monistischen Standpunktes, dass sich Geist und Materie (und damit Leib und Seele) nicht trennen lassen. Falls ein Computer geistige Fähigkeiten hat, legt die klare Trennung von Software und Hardware eher wieder einen dualistischen Standpunkt nahe.
- *Das Paradoxon des mechanischen Verstandes.*<sup>30</sup> Um mit Symbolen rational zu operieren, ist es notwendig die Bedeutung der Symbole zu verstehen. Kann eine physikalische Maschine dies leisten? Die Frage nach Bedeutung und Verstehen wird in der Unterrichtsreihe ausführlich thematisiert.
- *Das Golem-Verbot:* Stellt sich der Computer tatsächlich als intelligentes

---

25 Dieser Vergleich ist unter dem Begriff "Computer-Metapher" bekannt.

26 HOBBS zitiert nach [HAUGELAND] S. 19

27 [HAUGELAND] S. 19

28 Die Analogie zwischen Computer und Gehirn drückte sich schon bei Aufkommen der ersten Computer aus, die als "Elektronenhirne" bezeichnet wurden.

29 Eine sehr (verkürzte aber) prägnante Darstellung findet man bei [BAUMANN 96] S.138ff.

30 siehe [HAUGELAND] S. 30ff

Wesen heraus, so ist der Mensch zum Schöpfer geworden.

Der Computer stellt erstmals ein Werkzeug dar, das nicht die Muskelkraft des Menschen erweitert. Der Computer ist ein Werkzeug zur Verrichtung von Verstandes- und Geistesarbeit. Damit kommen dem Computer Eigenschaften zu, die bisher die herausragende Position des Menschen in der Welt begründet haben. Aus diesem Grund wird die KI in Anlehnung an Freud<sup>31</sup> als vierte Kränkung der Menschheit bezeichnet.

Mit dem Computer sind also Hoffnungen, Erwartungen, Ängste verbunden. Es ist die Aufgabe der (praktischen) Philosophie hier die rationalen Kerne herauszuarbeiten. Außerdem muss sie die Position des Menschen in bezug auf die Welt unter den veränderten Voraussetzungen neu bestimmen.

### **III.3 Warum KI als Unterrichtsinhalt des Informatikunterrichts**

BAUMANN stellt zum Thema KI im Informatikunterricht fest:

Ein Informatikunterricht, der nicht ausgiebig und intensiv Themen der KI-Forschung und der Kognitionswissenschaft aufgreift, verfehlt sein (Bildungs-) Ziel<sup>32</sup>

Diese Feststellung ist nicht weiter überraschend, wenn man die drei von ihm aufgestellten didaktischen Leitlinien für einen "zeit- und zukunftsgemäßen" Informatikunterricht betrachtet. Unter der dritten Leitlinie "Grundlagen und Grenzen technischer Wissensverarbeitung"<sup>33</sup> stellt er die Leitfrage:

Welches sind die Grundlagen und wo liegen die Grenzen formaler bzw. technischer Wissensverarbeitung, und wie kann die kognitive Autonomie menschlicher Subjekte gewahrt werden?<sup>34</sup>

Diese Fragestellung ist wie oben gezeigt zentral für die KI-Forschung. Von daher lassen sich die von ihm unter dieser Leitfrage subsummierten Lernziele direkt (wenn auch jeweils nur teilweise) auf eine Unterrichtsreihe zur KI übertragen.

Eine so deutliche positive Stellungnahme in bezug auf KI im Informatikunterricht wie BAUMANN habe ich sonst nirgendwo gefunden. Es lässt sich aber grundsätzlich feststellen, dass in allen Empfehlungen, Vorschlägen und Richtlinien zum Informatikunterricht stets gefordert wird, die Möglichkeiten und Grenzen von Informatiksystemen zu thematisieren. Die KI ist gerade ein

---

31 1. Kränkung: Verbannung der Welt aus dem Mittelpunkt des Kosmos durch KOPERNIKUS.

2. Kränkung: Einordnung des Menschen in die Linie der Evolution der Tiere durch DARWIN.

3. Kränkung: Klärung der Macht des Unbewussten auf den Menschen durch FREUD.

32 [BAUMANN 96] S.341

33 [BAUMANN 96] S.171

34 [BAUMANN 96] S.172

Gebiet auf dem sich diese Möglichkeiten und Grenzen aufzeigen lassen.

Dem allgemeinen Bildungsziel der persönlichen Entfaltung wird Unterricht zur KI durch seine philosophischen Aspekte gerecht.

Ich schließe mich der Meinung BAUMANNs an und möchte meine Überzeugung noch durch eine weitere Überlegung begründen:

KI ist aktuell. Medien berichten immer wieder über neue Erfolge auf dem Bereich der KI. Anwendungen aus dem Bereich der KI nehmen einen immer größeren Platz in unserer Alltagswelt ein, z.B. als automatische Auskunftssysteme, als medizinische Diagnosesysteme, als Überwachungssysteme etc. Aus diesem Grund ist dieses Thema in der Lebenswelt der Schüler verwurzelt und ein drängendes Thema für sie.

Um sich aber aufgeklärt mit der KI auseinanderzusetzen, um angstfrei und mit kritischer Distanz Stellung beziehen zu können, ist es notwendig die zugrundeliegende Technik zu verstehen und einschätzen zu können. Es muss die Arbeitsweise von Computern und Computerprogrammen verstanden werden, um klar zu stellen, was unter der "Computermetapher" des Geistes zu verstehen ist. Im Regelfall werden die Fähigkeiten eines Computers von Laien überschätzt(, wodurch sich wahrscheinlich viele der euphorischen Medienberichte erklären lassen). Gerade im Bereich der KI zeigen viele Programme beeindruckende Leistungen, die dem unbedarften Benutzer leicht suggerieren, er habe es tatsächlich mit Intelligenz zu tun. Hier ist eine elementare und kritische Analyse der ablaufenden Programme notwendig. Diese grundlegende Auseinandersetzung mit der Technik kann nur von der Informatik geleistet werden.

### ***III.4 KI im fächerübergreifenden Unterricht der Fächer Philosophie und Informatik***

Die KI ist eine grundsätzlich interdisziplinäre Wissenschaft, die heute in besonderer Weise mit dem Forschungsfeld der Kognitionswissenschaften verbunden wird. In ihr finden sich Teilbereiche der Informatik, der Philosophie, der Psychologie, der Linguistik (Sprachverarbeitung ist ein zentrales und eines der zuerst behandelten KI-Probleme), der Biologie (Neurobiologie) unter einem gemeinsamen Dach. Von daher bietet sich das Thema KI besonders für den fächerübergreifenden Unterricht an.

In dieser Examensarbeit wird die Zusammenarbeit aber bewusst auf die Fächer Informatik und Philosophie beschränkt, obwohl durch die Auswahl des Themas "Sprachverstehen" nahegelegt wird, ein sprachliches Fach mit einzubeziehen.

Das Thema "Sprachverstehen" ist jedoch als ein Beispiel anzusehen, an dem sich die informatischen und philosophischen Probleme in bezug auf die KI besonders deutlich zeigen lassen. Die Behandlung der natürlichen Sprache eignet sich besonders als Vehikel um das menschliche Denken zu behandeln, da (wie weiter unten expliziert) das Sprechen dem Denken ähnelt<sup>35</sup>.

Die mit der Behandlung der KI verbundenen Zielsetzungen sind (in Anlehnung an die von BAUMANN aufgestellte Leitfrage) im wesentlichen ein Verständnis für die Möglichkeiten und Grenzen des Computers, sowie die Auswirkungen auf das Selbstverständnis des Menschen. Die erste Zielsetzung ist nur aus der Informatik heraus beantwortbar, die zweite ist eine Fragestellung der Philosophie. Die Zusammenarbeit ergibt sich hier aus dem inhaltlichen Interesse der beiden Fächer, da eine Bearbeitung des Themas ohne eine der beiden Sichtweisen nicht vollständig wäre.

Beide Fragen sind nicht trivial und sollten mit der notwendigen Fachkompetenz und Erfahrung im Unterricht vertreten werden, damit sie auch den ihnen gebührenden Stellenwert bekommen. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich nach meiner Meinung den Unterricht zur KI fächerverbindend in beiden Fächern durchzuführen und nicht fächerübergreifend aus einem Fach heraus.

---

35 [HAUGELAND] S. 75

## IV Sprachverstehen als zentraler Aspekt der KI

Die Grenzen meiner Sprache bedeuten die Grenzen meiner Welt.

LUDWIG WITTGENSTEIN

### IV.1 Sprechen ist dem Denken ähnlich

Die Sprache wird bisher als die herausragende mentale Leistung des Menschen im Vergleich zu den Tieren angesehen. Andere Ausdrücke des Mentalen, wie beispielsweise Gefühle, intelligentes Verhalten oder Kreativität, treten auch bei Tieren auf<sup>36</sup>. Zwar gibt es auch im Tierreich Formen von Kommunikation, aber diese weisen nicht die zentrale Bedeutung auf, die beim Menschen der Sprache beikommt:

#### 1. Sprache ist eine Kulturtechnik

Der Mensch kann durch die Sprache seine Umwelt ordnen, in dem er Begriffe abstrahiert. Dadurch können Erfahrungen und Wissen sprachlich festgehalten und tradiert werden.

Wissen ist als mentale Gegebenheit nicht zugänglich, sondern immer nur auf der Ebene einer Symbolisierung fassbar. Die natürlichste und überlegenste Form der Symbolisierung ist die Sprache. Sobald wir uns unser eigenes Wissen bewusst machen, tun wir dies in Form von Sprache.<sup>37</sup>

Umgekehrt kann, wie weiter unten gezeigt wird, Sprache nicht von unserem Wissen von der Welt getrennt betrachtet werden, da Sprache nur im Kontext eines "Weltwissens" verstanden werden kann.

#### 2. Sprache ist eng mit dem Individuum verbunden

Der Mensch lernt seine Sprache in einem langen Prozess. Dabei werden die Wörter immer mit den Kontexten verknüpft, in denen sie erlernt wurden. Dadurch ist die Sprache immer an das Individuum gebunden. Hinzu kommt die psychische Komponente der Sprache. Durch Sprache teilen wir unsere Gefühle, Absichten und Hoffnungen mit.<sup>38</sup>

Aus der engen Verknüpfung von Individuum und Sprache begründet sich auch der Vergleich zwischen Sprechen und Denken, dem jeder intuitiv aufgrund seiner eigenen Erfahrung<sup>39</sup> zustimmen wird. Durch Sprache können wir unsere Gedanken, oder allgemeiner unsere kognitiven Zustände ausdrücken. "Wir

<sup>36</sup> vgl. [DITFURTH] Einleitung (S. 9) und Kapitel 15: "Verstand ohne Gehirn" (S. 238ff).

DITFURTH spricht von "anthropozentrischer Naivität", wenn davon ausgegangen wird, dass intelligentes Verhalten nur mit individuellem Bewusstsein verknüpft auftreten kann.

<sup>37</sup> [HELLWIG] S. 29

<sup>38</sup> vgl. [SAHR] S. 11 f.

<sup>39</sup> Man spricht oft vom "in Worten denken".



können sagen, was wir denken, und wir denken auch (wenn wir aufrichtig sind) was wir sagen."<sup>40</sup> Gerade wenn wir uns unsere Gedanken (oder auch Gefühle) bewusst machen wollen, heben wir sie auf die sprachliche Ebene, auch wenn wir sie nicht nach außen formulieren.

Die gerade beschriebene intuitiv erfahrene Analogie wird im Rahmen der KI dahin ausgedehnt, dass Sprechen und Denken sich auch auf einer abstrakteren Ebene ähneln, und zwar als *symbolische Systeme*. Ein symbolisches System besteht aus mit einer Bedeutung versehenen einfachen Symbolen (Wörtern), aus denen sich gemäß einer vorgegebenen Systematik (Grammatik) komplexere Symbole (Sätze) zusammensetzen lassen.

Wichtig ist mir die Feststellung, dass nicht behauptet wird, Sprechen und Denken wären das gleiche. Denken ist weitaus reichhaltiger und subtiler, als Sprache es auszudrücken vermag. Es geht hier darum, dass scheinbar zwischen Sprechen und Denken eine strukturelle Ähnlichkeit besteht, aus der sich die Hoffnung herleitet, durch Untersuchung des Einen Rückschlüsse auf das Andere ziehen zu können.

## **IV.2 Eigenschaften natürlicher Sprache**

Will man die natürliche Sprache einem formalen System (und damit einem Computer als algorithmische Maschine) zugänglich machen, so muss man die natürliche Sprache in eine künstliche Sprache übersetzen, die formal und in ihrer Bedeutung eindeutig beschrieben werden kann. Dazu ist es notwendig, die natürliche Sprache auf ihre formalen Eigenschaften hin zu untersuchen<sup>41</sup>. Zentral ist dabei die Unterscheidung von drei Ebenen von Sprachen:

1. *Syntax (Struktur)* : Unter der Syntax einer Sprache ist die Grammatik zu verstehen. Es wird danach gefragt, wie formal korrekte Sätze aufgebaut sind. Diese formale Ebene der Sprache ist der Algorithmisierung am ehesten zugänglich.
2. *Semantik (Bedeutung)* : Die Semantik beschäftigt sich mit der Bedeutung von Wörtern und einzelnen Sätzen. Ab dieser Ebene ist die Sprache nicht mehr als geschlossenes System zu betrachten, sondern über die Bedeutung sind Wörter und Sätze mit der Außenwelt verbunden. Es gibt viele Sätze, die syntaktisch korrekt sind, aber semantisch unsinnig.
3. *Pragmatik (Absicht und Verwendung)* : Auf der Ebene der Pragmatik wird ein Satz in seinen Kontext eingeordnet. Unter Kontext sind dabei nicht nur die Nachbarsätze zu verstehen, es muss die gesamte Situation betrachtet

40 [HAUGELAND] S. 77

41 Das ist ein Forschungsgegenstand der Linguistik.

werden, in der der Satz steht. Dazu gehören auch Aspekte wie die Absicht des Sprechers, die Erwartungen des Empfängers oder zum Beispiel anerkannte Konversationsregeln.

Auf allen drei Ebenen stellen natürliche Sprachen große Hürden auf, die einem algorithmisiertem Verstehen im Wege sind. Selbst auf der Ebene der Syntax der natürlichen Sprache ist das nicht so einfach wie vielleicht vermutet<sup>42</sup>.

Auf den Ebenen der Semantik und Pragmatik kommt ein zentrales Problem dazu: Die Mehrdeutigkeit (Ambiguität) der natürlichen Sprache. Auf der semantischen Ebene gibt es einerseits viele Wörter, die mehrere Bedeutungen haben, die "Bank" oder "floh" (als Nomen oder Vergangenheitsform von fliehen). Andererseits sind Satzkonstruktionen möglich, die mehrere Interpretationen zulassen. Ein Beispiel wäre der Satz:

Peter sah das Fahrrad mit dem Schloss und wollte es haben.

An diesem Satz sieht man auch schon, dass sich die Mehrdeutigkeiten nur aus dem Kontext heraus lösen lassen. Man muss schon etwas mehr über Peter wissen, um zu erraten, ob er das Fahrrad oder das Schloss haben möchte. Damit ist man schon auf der Ebene der Pragmatik.

Der Mensch hat überhaupt keine Probleme damit, fast alle Mehrdeutigkeiten seiner Sprache aufzulösen. Ihm fällt das sogar so leicht, dass er sich der Mehrdeutigkeiten gar nicht bewusst wird. Ein Beispiel wäre der Satz:

Inge malt das Haus mit dem Garten.

Kein Mensch würde auf die Idee kommen, dass Inge den Garten als Malwerkzeug benutzt. Der Grund für diese Fähigkeit des Menschen ist, dass er ein "Weltwissen"<sup>43</sup> besitzt, aus dessen Kontext sich die Mehrdeutigkeiten der Sprache auflösen. Um natürliche Sprache also richtig gesehen verstehen zu können braucht ein sprachverarbeitendes System (ob biologisch oder maschinell) auch eine "Wissenskomponente".

Wie schon weiter oben angedeutet und hier noch einmal gezeigt, ist natürliche Sprache außer mit dem Denken des Menschen auch stark mit Wissen verknüpft. In der KI wurden viele Konzepte aufgestellt, um einem formalen System "Wissen" formalisiert zugänglich zu machen. Ein grundlegendes Problem bleibt aber bestehen. Ein abgeschlossenes System von Wissen ist nicht ausreichend. In der Sprache können jederzeit Sätze formuliert werden, die

---

42 [HELLWIG] und [SAHR] beschreiben einige problematische aber grammatikalisch korrekte Konstruktionen wie z.B. Ellipsen (Wortauslassungen). Bei eigenen Versuchen muss man aber schon recht spitzfindig werden, um die Grammatikprüfung von Word in die Irre zu führen.

43 [HELLWIG] S. 22

über das bisherige Wissen jedes Systems hinausgehen. Damit muss ein System, das natürliche Sprache verarbeiten soll die Möglichkeit haben, sich neues Wissen anzueignen, also zu lernen. Hieraus ergeben sich zwei gravierende Konsequenzen:

1. Beim Lernen wird neues Wissen in der Regel über natürliche Sprache vermittelt. Hier entsteht ein Ringschluss, bei dem für das Verstehen natürlicher Sprache das Verstehen natürlicher Sprache eine Voraussetzung ist. Mit diesem Dilemma ist die KI tatsächlich konfrontiert<sup>44</sup>.
2. Ein sprachverarbeitendes System für natürliche Sprachen kann nicht in sich geschlossen formalisiert werden. Es ist eine Wissenskomponente notwendig, die offen sein muss für weiteres Wissen.

Das einzig bisher bekannte System, das natürliche Sprache wirklich verarbeiten kann, ist der Mensch.

### ***IV.3 Eigenschaften künstliche Sprachen***

Es gibt heute Sprachen, die mit Computern problemlos verarbeitet werden können. Es gibt also schon maschinelle sprachverarbeitende Systeme, denen man gerade im Informatikunterricht ständig begegnet. Ein Beispiel wären die Programmiersprachen. Diese Sprachen und auch die Schriftsprache der Mathematik gehören zu den künstlichen Sprachen.

Künstliche Sprachen sind so konstruiert, dass bei ihnen keine Mehrdeutigkeiten auf der semantischen und pragmatischen Ebene auftreten. Die Wörter einer Programmiersprache haben eine Bedeutung, aber stets eine Eindeutige. Eine weitere Eigenschaft, die uns die künstlichen Sprachen so ungewohnt erscheinen lässt, ist ihr sehr einfache Syntax.

### ***IV.4 Sprachverstehen in der KI***

Das Verstehen natürlicher Sprache war eines der ersten Beschäftigungsfelder der KI. Bestärkt durch die Erfolge beim Entschlüsseln von Geheimschriften war man der Überzeugung, dass man auch beim "Entschlüsseln" der natürlichen Sprache mit den gleichen Methoden schnell zum Erfolg kommt. Obwohl das Projekt stark gesponsort<sup>45</sup> wurde, stellte man schnell fest, dass sich natürliche Sprachen aufgrund ihrer oben beschriebenen Eigenschaften nicht losgelöst von

<sup>44</sup> vgl. [GOLECKI 94 I] S. 32f. und [HELLWIG] S.31. HELLWIG spricht vom "hermeneutischen Zirkel"

<sup>45</sup> Damals wie heute ist der Bedarf nach automatischen Übersetzungssystemen groß. Damals wollten die amerikanischen Geheimdienste russische Dokumente automatisch übersetzen lassen. Heute geht es vorwiegend um Bedienungsanleitungen oder um politische Dokumente (die EU leistet sich mehr als 10 Amtssprachen, Tendenz steigend). Automatisches Übersetzen ist gleichbedeutend mit automatischem "Verstehen" von Sprache.

den anderen kognitiven Fähigkeiten des Menschen betrachten lassen.

Daraus resultierte eine deutlich ganzheitlichere Sicht innerhalb der KI. Das Verstehen der natürlichen Sprache ist eine intelligente Leistung des Menschen, die mit den anderen wie etwa Wissen und Lernen in engem Zusammenhang steht. Die kognitiven Fähigkeiten des Menschen wurden zwar weiterhin auch separat erforscht, aber gerade sprachverarbeitende Systeme wurden jetzt als allgemein intelligente Systeme angesehen und sind damit von zentraler Bedeutung für die KI.

Ein interessanter Ansatz auf dem Gebiet des Sprachverstehens weiterzukommen, waren die sogenannten Mikrowelten. Ein bekanntes und auch sehr beeindruckendes Beispiel ist das Programm SHRDLU von TERRY WINOGRAD. Mit ihm kann man sich über seine Welt, die aus wenigen bunten Bauklötzen besteht, die es selber mittels eines Roboterarmes bewegen kann in natürlicher Sprache unterhalten und Anweisungen geben. HAUGELAND entlarvt die entscheidende Begrenztheit dieser Systeme mit dem Vorschlag an SHRDLU, eine Wasserpistole gegen einen großen roten Bauklotz einzutauschen.<sup>46</sup> Die Mikrowelten werden grundsätzlich auf einen so kleinen Teil der Wirklichkeit beschränkt, dass sie kein intelligentes Verhalten mehr erfordern.

Bis heute ist trotz großer Anstrengungen und auch beeindruckender Leistungen keine grundsätzliche Lösung des Problems des Verstehens natürlicher Sprache gefunden worden.

#### ***IV.5 Sprachverstehen als Thema der Unterrichtsreihe***

Das Sprachverstehen ist aufgrund ihrer zentralen Stellung innerhalb der KI eine Zuspitzung der allgemeinen Frage "Können Computer denken?". Außerdem kristallisieren sich an diesem Thema aufgrund der Bedeutung der Sprache für den Menschen viele philosophische Fragen. Allein aus diesen Gründen ist es sinnvoll, das Thema Sprachverstehen als Anwendung der KI<sup>47</sup> für einen fächerübergreifenden Unterricht der Fächer Philosophie und Informatik einzusetzen. Es gibt aber noch weitere Vorteile.

Die Relevanz des Themas ist den Schülern leicht einsichtig zu machen. Aus einfachen Programmen wie ELIZA sind heute kommerzielle Produkte wie "Overcoming Depression" entstanden. Das Programm "Whimsical

---

46 [HAUGELAND] S. 166ff.

47 Andere Anwendungsgebiete bieten nicht so viele Vorteile. Mit Robotik und Bildverstehen ist sehr viel technischer Aufwand verbunden. Bei Expertensystemen lassen sich eher ethische denn philosophische Fragestellungen bearbeiten.

Conversation” hat auf einem Wettbewerb in Boston den TURING-Test bestanden<sup>48</sup>. Solche Erfolgsmeldungen, wie auch der enorme Bedarf an Übersetzungsprogrammen machen die gesellschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung des Themas deutlich.

Die Schüler selber sind Experten auf dem Gebiet der natürlichen Sprache. Die eigene Sprache ist so sehr mit dem Menschen verbunden, dass ihre speziellen Eigenschaften in der Regel gar nicht bewusst sind. Hier ist es notwendig, die Vielfalt und die Mächtigkeit der Sprache ins Bewusstsein zu heben. Wenn dies gelingt, wird den Schülern die Bedeutung der Sprache für das Individuum sowie als Kulturgut klar. Aus dieser Erkenntnis lassen sich direkt philosophische und ethische Fragestellungen an die KI und damit auch an die Informatik aufwerfen.

Die Grundideen des Sprachverstehens lassen sich von der informatischen Seite mit relativ einfachen Mitteln verwirklichen. Das hat den Vorteil, dass die Schüler des Informatikkurses sich schon früh (s.u.) mit diesem Thema befassen und den Schülern des Philosophiekurses die informatischen Grundlagen vermitteln können. Dieses elementare Verständnis der informatischen Prinzipien ist notwendig für eine fundierte Diskussion.

---

48 vgl. [BAUMANN 95] S. 31.

## V Ein Unterrichtsvorschlag

Jede neue Technologie entwickelt sich vor dem Hintergrund eines unausgesprochenen Verständnisses vom Wesen des Menschen und von menschlicher Arbeit. Der Umgang mit Technik wiederum führt zu grundlegenden Änderungen unseres Handelns – und damit letztlich unserer Auffassung dessen, was es heißt, ein Mensch zu sein.

TERRY WINOGRAD / FERNANDO FLORES

### V.1 Grundlegende Überlegungen

Die Behandlung des Themas KI im Unterricht fokussiert im allgemeinen (neben der Einführung der Technik und Methoden) Fragestellungen nach den Grenzen der Informationstechnik. Damit "Begrenztheit" auch erfahren werden kann, muss im Unterricht zunächst geklärt werden, welche Erwartungen (vielleicht Hoffnungen oder Ängste) an die Technik bestehen. Gerade in bezug auf die KI ist der Erwartungshorizont sehr weit, da hier anthropomorphisierende Begriffe wie Intelligenz, Denken, Lernen und Wissen suggerieren, dass Computer bereits über Fähigkeiten verfügen, die bisher dem Menschen vorbehalten sind. Diese Begriffe werden gerade in den Medien, aus denen die Schüler ihr Vorwissen entnehmen unreflektiert benutzt, so dass zu erwarten ist, dass die Schüler sehr optimistische Vorstellungen darüber haben, was Computer können. Aus diesem Grund soll gerade der Begriff der Intelligenz und seine Verwendung in der KI-Forschung geklärt werden.

Da weder möglich noch sinnvoll ist, im Unterricht den gerade aktuell erreichten oder nicht erreichten Stand der KI-Forschung zu thematisieren, werden in der Unterrichtsreihe einfache, aber grundlegende Fragestellungen in den Vordergrund gestellt. Es soll an Beispielen verdeutlicht werden, dass den heutigen Computern durch ihre Arbeitsweise prinzipielle Grenzen auferlegt sind, die die berechtigte Frage aufwerfen, ob Computer überhaupt menschenähnliche Intelligenzleistungen vollbringen können. Hierbei erscheint es besonders wichtig, die Arbeitsweise und das damit verbundene Scheitern des Computers bei der Verarbeitung von Sprache und Wissen an Problemen zu sehen, die für den Menschen so trivial sind, dass es den Schülern Schwierigkeiten bereiten wird, die Probleme überhaupt zu erkennen.

Durch diese Erfahrungen kann auch das Vorurteil "Computer können alles besser, schneller, wissen mehr..." widerlegt werden. Der Grund für dieses Vorurteil ist vielfach darin zu sehen, dass der Computer gerade als Werkzeug für geistige Arbeiten verwendet wird, die den Menschen schwierig erscheinen, die aber gerade für dieses Werkzeug "einfach" sind (sonst würde es ja nicht dafür verwendet). Es ist wichtig zu erkennen, dass der Computer ein

universales und mächtiges Werkzeug ist, aber eben ein Werkzeug. Diese Erkenntnis ist wichtig, um den Computereinsatz in unserer Gesellschaft nüchtern, angstfrei und kritisch beurteilen zu können.

## **V.2 Lernziele**

Die im letzten Abschnitt beschriebenen Überlegungen werden nun als Lernziele verfeinert und um die zur Bearbeitung notwendigen vorher zu erreichenden Lernziele ergänzt. Die Grobaufteilung der Lernziele orientiert sich an den gerade skizzierten Gedanken.

### **V.2.1 1. Lernziel: Begriffsklärungen**

- Zu Beginn der Unterrichtsreihe ist es wichtig, den Begriff der Intelligenz kurz zu klären, um ihn von anderen Aspekten des Mentalen, wie Gefühlen, Intentionen etc. klar zu trennen und die Unterrichtsreihe auf diesen Aspekt zu fokussieren.
- Die Schüler sollen sich über ihre Erwartungen klar werden, was sie Computern heute und in Zukunft an intelligenten Leistungen zutrauen.
- Es muss herausgearbeitet werden, welches Verständnis der Intelligenz in der KI betrachtet wird. Dies kann allgemein bei der Betrachtung des TURING-Tests geschehen und im Philosophiekurs vertieft werden.
- Den Schülern soll klar werden, dass keine endgültige Antwort auf die Frage "Können Computer denken?" gegeben werden kann. Es soll ein Nachdenken über diese Frage angeregt werden und ihre Implikationen herausgearbeitet werden.

### **V.2.2 2. Lernziel: Verarbeitungstechniken des Computers in bezug auf Sprache und Wissen und das Prinzip der Formalisierung kennen lernen**

- Die Schüler sollen die Tricks durchschauen mit denen einfache Produkte der KI wie WEIZENBAUMS Programm "ELIZA" Sprachverstehen suggerieren. Sie sollen das Prinzip des Mustervergleichs kennen lernen und damit selbst arbeiten<sup>49</sup>.
- Den Schülern soll das Paradigma der Formalisierung als Voraussetzung der technischen Verarbeitung von Sprache und Wissen verdeutlicht werden.
- Die Schüler sollen einfache formale Grammatiken kennen lernen und sie auf primitive natürlichsprachliche Sätze anwenden. Diese Grammatiken sollen sie erweitern, um komplexere Satzkonstruktionen abbilden zu können.

---

<sup>49</sup> siehe hierzu Anhang 1.

**V.2.3 3. Lernziel: Die Mächtigkeit der natürlichen Sprache erfahren**

- Die Schüler sollen sich über die Ambiguität natürlicher Sprache und ihre Kontextabhängigkeit bewusst werden.
- Die Schüler sollen ein Gefühl für die Mächtigkeit der natürlichen Sprachen in bezug auf Ausdruck und Inhalte im Vergleich mit einer künstlichen Sprache gewinnen.
- Die Schüler sollen lernen, dass für das Verstehen von Sprache "Weltwissen" notwendig ist, um die Mehrdeutigkeiten der Sprache auflösen zu können.
- Die Schüler sollen die Bedeutung der Sprache für den einzelnen Menschen sowie für die Kulturgemeinschaft kennen lernen.

**V.2.4 4. Lernziel: Erweiterung des Verständnisses für die Fragen "Was ist ein Computer?" und "Was ist ein Mensch?"**

- Computer werden als die schnelleren Gehirne angesehen. Es wird aber vernachlässigt, dass der Mensch in vielen Bereichen seiner kognitiven Fähigkeiten dem Computer weit überlegen ist, was Umfang und auch Geschwindigkeit angeht. Diese Einsicht sollen die Schüler in der Unterrichtsreihe bekommen.
- Die Schüler sollen in bezug auf die Verarbeitung der natürlichen Sprache Beispiele kennen lernen, an denen grundlegende ungelöste Probleme der KI verdeutlicht werden, die für den Menschen aber so trivial sind, dass sie kaum als problematisch wahrnehmbar sind.
- Die Schüler sollen den Computer als Werkzeug begreifen, der als universelle symbolverarbeitende Maschine Fähigkeiten besitzt, die beim Menschen als intelligent bezeichnet werden. Dabei soll deutlich werden, dass die scheinbare Überlegenheit des Computers gegenüber dem Menschen gerade darauf beruht, dass er für Arbeiten eingesetzt wird, die dem Menschen lästig sind, sich aber algorithmisch hocheffizient lösen lassen.
- Wichtig ist im Zusammenhang mit der gerade angesprochenen "Werkzeugmetapher" auch das Wissen, dass der Computer in den Kognitionswissenschaften weniger als intelligentes Artefakt, denn als Forschungswerkzeug, mit dem sich Theorien über das Denken des Menschen überprüfen lassen.
- Als Resümee der Reihe sollen die Schüler einschätzen lernen, für welche Aufgaben Computer eingesetzt werden dürfen oder sollten, und in welchen Aufgabenbereichen der Mensch aufgrund seiner weiteren kognitiven Fähigkeiten nicht durch Computer ersetzt werden sollte. Für diese



Diskussion eignet sich ganz hervorragend die Kritik von JOSEPH WEIZENBAUM an dem Einsatz seines Programms ELIZA als "Psychiater".

### **V.3 Wahl des Zeitpunktes für die Reihe**

Die Unterrichtsreihe zur KI mit dem Thema Sprachverstehen in Zusammenarbeit der Fächer Philosophie und Informatik soll im letzten Monat des 11. Schuljahres stattfinden. Dieser Zeitpunkt bietet sich aus mehreren Gründen an:

1. Zu diesem Zeitpunkt hat sich der Philosophiekurs schon ein Halbjahr mit der Anthropologie beschäftigt. Als Abschluss des Themas ist ein Ausblick "Über den Menschen hinaus" vorgesehen. Hier bietet sich das Thema der KI besonders an, weil Computer in der Gesellschaft durchaus als intelligente Maschinen verstanden werden. Die Schüler können mit konkreten Beispielprogrammen leicht beeindruckt werden. Selbst so einfache Programme wie ELIZA oder SHRDLU erwecken auf den ersten Blick den Eindruck, sie könnten Sprache *verstehen* und damit eine explizit menschliche Leistung vollbringen. Hieraus ergeben sich viele Anknüpfungspunkte für philosophische und ethische Überlegungen.
2. Mit dem 11. Schuljahr haben die Schüler die Möglichkeit neu mit dem Informatikunterricht zu beginnen. Zwar habe viele Schüler schon im Rahmen des Differenzierungsunterrichts der Mittelstufe Informatik gewählt, aber es fangen immer wieder Schüler erst in der 11. Klasse mit Informatik an. Aus diesem Grund gilt das 11. Schuljahr als Einführungsunterricht. In meinem Fall habe ich mit Beginn des 11. Schuljahres am Konzept der Stifte und Mäuse das Objekt-Orientierte Programmierparadigma eingeführt, damit sowohl Anfänger als auch schon Fortgeschrittene auf gleichem Niveau anfangen können. Damit findet das 11. Schuljahr im wesentlichen die Einführung einer Modellierungssprache, einer Programmiersprache und der elementaren Algorithmik statt. Nach dem Abschluss dieser Aufgaben soll den Schülern mit dem Thema KI als Abschluss des Schuljahres verdeutlicht werden, dass Informatik noch mehr Facetten als nur Programmierarbeit hat. Das bis dahin erworbene Wissen reicht aus, um einfache Konzepte des Sprachverstehens zu verstehen und zu implementieren.

Damit bringen beide Kurse zum Ende des 11. Schuljahres die benötigten Voraussetzungen mit, um eine Reihe zu KI gestalten zu können. Insbesondere ist es wichtig, dass der Informatikkurs bereits so viel Erfahrung in der Programmierung eines Computers gesammelt hat, dass das algorithmische Prinzip so klar ist, dass die Schüler des Informatikkurses dieses den Schülern

des Philosophiekurses vermitteln können. Erst dadurch wird die Arbeitsweise von Programmen wie ELIZA und die Analogie in SEARLES chinesischem Zimmer zum Ablauf eines Algorithmus deutlich. Aus dem Verständnis können dann fundierte Überlegungen angestellt werden, in wie fern es sich dabei um wirkliches "Verstehen" handelt.

#### ***V.4 Äußere Organisation der Unterrichtsreihe***

Die Unterrichtsreihe soll an Anlehnung an einen Vorschlag von GUDJOHNS<sup>50</sup> in drei Phasen aufgeteilt sein. Zuerst soll in einer gemeinsamen Veranstaltung der beiden Kurse ein Einstieg in das Thema gegeben werden (Konvergenz). In dieser Veranstaltung soll auch festgelegt (oder von den Lehrern vorgegeben) werden, was in jedem Fach in der Folgezeit bearbeitet wird. Die Bearbeitung geschieht dann getrennt (Divergenz), bis am Ende wieder eine gemeinsame Abschlussveranstaltung stattfindet, in der die Ergebnisse beider Fächer zusammengetragen werden (Konvergenz). Aufbauend auf den Ergebnissen soll die Ausgangsfrage "Können Computer denken?" wieder aufgegriffen werden und daraufhin erweitert werden, was den Menschen denn vom Computer unterscheidet.

Diese Organisation bietet sich an, weil die beiden teilnehmenden Kurse nicht parallel liegen und der Stundenplan keinen Raum für einen gemeinsamen Termin lässt. Mit dem guten Willen aller Beteiligten ist es aber sicher möglich, einen gemeinsamen Termin für die beiden gemeinsamen Veranstaltungen zu Beginn und Ende der Unterrichtsreihe zu finden. Am günstigsten scheint es, einen Nachmittagstermin oder einen Samstag Vormittag zu nehmen, damit die in diesen Veranstaltungen ohne Zeitdruck gearbeitet werden kann. Es ist ohnehin unwahrscheinlich, dass 2 Unterrichtsstunden mit 90 Minuten genügend Zeit für die dort erörterten Fragen bieten.

Eine besondere Rolle kommt den Schülern zu, die an beiden Kursen teilnehmen. Sie können in der Zeit der getrennten Bearbeitung immer wieder berichten, was in dem anderen Kurs gerade gemacht wird. Dadurch bleibt den Schülern im Bewusstsein, dass die Ergebnisse ihres Unterrichts für den anderen Kurs festgehalten werden müssen. Außerdem fließen dadurch jeweils Sichtweisen des anderen Faches in den Unterricht ein und bieten Ansatzpunkte für weitere und neue Überlegungen.

---

50 [[GUDJOHNS] S. 3

## **V.5 Inhaltliche Organisation der Unterrichtsreihe**

### **V.5.1 gemeinsamer Beginn (Konvergenz)**

Zu Beginn der Unterrichtsreihe soll die Leitfrage "Können Computer denken?" auf die unterrichtlich behandelbare Frage heruntergebrochen werden, ob Computer Sprache verstehen können. Dabei soll den Schülern hier schon klargemacht werden, dass die Leitfrage nicht wirklich zu beantworten ist, da die definierenden Kriterien für "Denken" und "Intelligenz" fehlen.

Diese Ziele sollen anhand des von TURING in seinem richtungsweisenden Artikel von 1950<sup>51</sup> vorgeschlagenen Tests für intelligentes Verhalten eines Computerprogramms erreicht werden. TURING beginnt auch mit der Frage "Können Computer denken" und schlägt aufgrund der fehlenden Kriterien zur Beantwortung der Fragen den TURING-Test<sup>52</sup> vor. Hier soll geklärt werden, welche Sichtweise auf die Intelligenz durch diesen Test gegeben ist.

Anschließend sollen die Schüler mit einem ELIZA-ähnlichen Programm eine Art TURING-Test durchführen. An diesem Beispiel kann die Frage nach dem "Verstehen" von Sprache durch den Computer herausgearbeitet werden, um anschließend die Arbeitspläne für die nächste Phase zu erstellen.

### **V.5.2 getrennter Teil der Informatik(Divergenz)**

Der Informatikkurs soll sich damit beschäftigen, wie Computer Sprache verarbeiten und welche Probleme aus technischer Sicht dabei auftreten. Dazu soll zunächst einmal die Funktionsweise der Sprachverarbeitung des ELIZA-Programms untersucht und geklärt werden.

Im weiteren Verlauf des Unterrichts soll dann das zentrale Problem bei der maschinellen Verarbeitung von Sprache auftreten herausgearbeitet werden: die Mehrdeutigkeit der Sprache. Hierzu bieten sich die folgenden Ansatzpunkte, die je nach zur Verfügung stehender Zeit bearbeitet werden können:

1. Die Schüler sollen zuerst ein einfaches Übersetzungsprogramm selbst entwickeln. Dieses Programm soll Sätze Wort für Wort unter Verwendung eines kleinen Wörterbuchs übersetzen. Die Schüler erkennen dabei leicht, dass die Mehrdeutigkeit vieler Wörter Probleme beim Übersetzen macht und können dies an passenden Beispielen auch auf das Verstehen von Sprache übertragen<sup>53</sup>.

---

51 [TURING]

52 siehe Anhang 2.

53 An diesem Programm soll auch der Datentyp String eingeführt werden, der den Schülern noch nicht bekannt ist. Zum Übersetzen eines Satzes muss dieser zunächst in seine Wörter zerlegt werden, dann müssen die zu übersetzenden Wörter mit den Wörtern aus dem Wörterbuch verglichen werden, um anschließend aus den übersetzten Wörtern den

2. Durch Untersuchung von Beispielsätzen sollen die Schüler die Unterschiede zwischen Semantik, Syntax und Pragmatik erarbeiten und die vielen Formen von Mehrdeutigkeit herausarbeiten, die die natürliche Sprache auszeichnen. Hier können die Schüler schon erkennen, dass sie selber bei der Auflösung der Mehrdeutigkeiten wenig Probleme haben. An der Frage, warum das erstellte Übersetzungsprogramm dies nicht kann, wird klar, dass Wissen über den Kontext und darüber hinaus eine Voraussetzung zum Verstehen von natürlicher Sprache ist.
3. Mit Hilfe formaler Grammatiken ist es möglich Programmiersprachen zu analysieren. Diese Technik kann auf natürliche Sprachen ausgeweitet werden, um mehr Information über das Gesagte zu erhalten und daraus Mehrdeutigkeiten aufzulösen oder zu identifizieren. Die Schüler sollen die Definition von formalen Grammatiken kennen lernen und selbst erarbeiten, wie man überprüft, ob Sätze dieser Grammatik entsprechen. Anschließend sollen sie eine formale Grammatik für sehr eingeschränkte natürlichsprachliche Sätze erweitern, um komplexere grammatikalische Formen abbilden zu können. Hierbei wird sehr schnell klar, dass eine formale Grammatik, die die natürliche Sprache abbilden soll, sehr kompliziert wird.  
An dieser Stelle kann auch ein Vergleich zwischen einer Programmiersprache und natürlicher Sprache eingefügt werden, bei dem klar werden muss, dass der von Schülern hinlänglich erfahrene Zwang zur absoluten semantischen Korrektheit gerade aus den eingeschränkten Grammatiken resultiert, die den Programmiersprachen zugrunde liegen. Diese formale Strenge ergibt sich aus der Notwendigkeit Mehrdeutigkeiten bei der Formulierung eines Algorithmus auszuschließen.
4. Falls die Zeit in der Unterrichtsreihe ausreicht und eine geeignete Programmiersprache wie Prolog verwendet wird, ist es im Anschluss an die Erarbeitung der formalen Grammatiken möglich einen einfachen Parser zu programmieren.  
Alternativ dazu kann man, falls das Thema in einem fortgeschritteneren Kurs behandelt wird, ein Sprachsystem ähnlich zu SHRDLU erstellen.<sup>54</sup> SHRDLU beinhaltet einen Parser, geht aber noch weit darüber hinaus, weil bei SHRDLU nicht nur die Korrektheit der Sätze überprüft wird, sondern ihr Inhalt auch verstanden werden muss. Dazu ist auch eine formale Repräsentation der Mikrowelt und damit eine formale Wissensrepräsentation

---

übersetzen Satz zusammensetzen. Damit werden die typischen Stringoperationen benötigt.

54 Vorschlag von BAUMANN. Vgl. [BAUMANN 96] S. 361 ff.

notwendig. An diesem Programm lassen sich also alle wesentlichen Fragestellungen der Reihe erarbeiten.

5. Bis hierhin sollte erarbeitet worden sein, dass zum Verstehen von Sprache "Wissen" notwendig ist. Es kann mit den Schülern erarbeitet werden, dass auch das Wissen irgendwie formalisiert werden muss. Dann können einige Konzepte analysiert und vorgestellt werden. Falls dies im Unterricht gemacht wird, müssen auf jeden Fall die Grenzen dieser Ansätze erarbeitet werden.

### **V.5.3 getrennter Teil der Philosophie (Divergenz)**

Im Philosophiekurs soll in der getrennten Phase die Bedeutung der Sprache für den Menschen und für das Sozialverhalten des Menschen erarbeitet werden. Dazu schlägt GOLECKI<sup>55</sup> Texte von KAMLAH/LORENZEN und HABERMAS vor. Wichtig ist es festzustellen, dass Sprache nicht nur zur Beschreibung der Welt eingesetzt wird (der frühe WITTGENSTEIN) sondern erheblich mehr Dimensionen hat. Sie kann niemals losgelöst von Intentionen, Wünschen, Erfahrungen und sozialem Kontext betrachtet werden. Es sollen Beispiele bearbeitet werden, in denen klar wird, dass ein Satz in verschiedenen Situationen unterschiedliche Bedeutungen haben kann.

Als zweiter Punkt soll die Frage der "Bedeutung" thematisiert werden. Sie ist für die Frage nach der Möglichkeit eines mechanischen Verstandes fundamental und steht direkt im Zusammenhang mit der Frage, ob ein Computer denn wirklich Sprache *versteht*. Hierbei sollen historische Texte bearbeitet werden, an denen klar wird, dass die Frage nach maschineller Intelligenz nicht erst mit dem Computer aufgekommen ist.

Relativierend zu der letzten Aussage soll auch erarbeitet werden, in wie fern der Computer eine andere Form von Werkzeug darstellt, und dass er als symbolverarbeitendes System Analogien zum menschlichen Gehirn nahe legt, auf denen gerade die enthusiastischen Hoffnungen, Erwartungen oder auch Befürchtungen gründen.

### **V.5.4 gemeinsamer Abschluss (Konvergenz)**

Zum gemeinsamen Abschluss der Reihe sollen die Ergebnisse aus den beiden Kursen zusammengetragen werden. Dabei sollen die Möglichkeiten eines Computers zum Bearbeiten von Sprache mit den Möglichkeiten der Sprache verglichen werden. Hier soll herauskommen, dass ein Computer ein mächtiges und nützliches Werkzeug ist und dass der Einsatz eines Computers zur Bearbeitung der natürlichen Sprache sinnvolle Anwendungsgebiete hat. Es

---

<sup>55</sup> Siehe zu diesem Thema [GOLECKI 96]. Vor allem die Kapitel 8 (Sprache, Denken, Welt) und Kapitel 9 (Sprechen ist Handeln) und Kapitel 11 (Kommunikation)

sollen aber auch deutlich seine heutigen technischen und seine prinzipiellen Grenzen bestimmt werden.

Ausgehend von dem bis hierhin erarbeiteten Ergebnis, das Computer in der Lage sind bestimmte (formalisierbare) intelligente Leistungen zu vollbringen und dass die Fähigkeiten der Computer sicher noch vergrößert werden, soll diskutiert werden, was denn den Menschen vom Computer unterscheidet. Hierbei kann auf die Erfahrungen der Untersuchung der Sprache zurückgegriffen werden.

### **V.6 Was unterscheidet den Computer (noch?) vom Menschen?**

Diese abschließende Frage der Unterrichtsreihe ist erst mit dem Zusatz "noch" eindeutig zu beantworten. In Bezug auf die Grenzen der KI haben die Schüler am Beispiel des Sprachverstehens viele Schwierigkeiten und Unzulänglichkeiten der Technik kennen gelernt. Sie haben erfahren, dass Intelligenz und Denken nicht losgelöst von anderen kognitiven Eigenschaften des Menschen betrachtet werden können. Im informatischen Teil der Reihe wurde insbesondere das Wissen thematisiert, während im philosophischen Teil die enge Verknüpfung der Sprache mit der ganzen Person des Menschen verdeutlicht wurde.

Mit diesen Voraussetzungen kann eine Bestandsaufnahme der aktuellen Möglichkeiten der KI mit den Schülern vorgenommen werden. Es muss festgehalten werden, dass intelligente Leistungen von Maschinen nur auf hochspezialisierten Teilgebieten erbracht werden können. Diese intelligenten Systeme sind Werkzeuge, deren Intelligenz im wesentlichen darin besteht, zeitraubende und für den Menschen schwierige kognitive Leistungen<sup>56</sup> schnell und fehlerfrei auszuführen. Aus diesem Verständnis können die Schüler auch über den Einsatz intelligenter Systeme im Alltag diskutieren. Ein guter Ansatzpunkt bietet hier die Kritik von WEIZENBAUM in Bezug auf den Einsatz seines Programms ELIZA als "Psychiater" unter Berücksichtigung der Tatsache, dass mit dem Programm "Overcoming Depression" bereits eine kommerzielle Variante zur Behandlung von Depressionen am Markt erhältlich ist.

Die Schüler sollen auch diskutieren, welche Aspekte des "Menschseins" in dem von ihnen bearbeiteten Teil der KI noch gar nicht angesprochen wurden. Hier bietet sich der Vergleich des von den Schülern verstandenen Programms ELIZA

---

<sup>56</sup> Etwa Fragen der Art: "Warum bin ich in 8 Zügen matt, wenn ich den vom Gegner angebotenen Springer schlage?"

mit einem wirklich intelligenten Roboter aus der Science Fiction an, egal ob dieser ein böser oder guter Vertreter seiner Spezies ist<sup>57</sup>. Diese sind in der Regel sehr menschenähnlich gestaltet und verfügen über Bewusstsein, Intentionen, freien Willen und manchmal auch Gefühle und Ängste. Ihr "Maschinesein" wird auf wenige beispielhafte, dann aber deutlich akzentuierte Aspekte reduziert. Die Schüler können dann sowohl die Unterschiede zwischen ELIZA und dem betrachteten Beispiel sowie noch vorhandene Unterschiede zum Menschen herausarbeiten.

Der gerade vorgeschlagene Vergleich soll dazu beitragen, eine realistische Einschätzung der KI bei den Schülern zu erzeugen. Ihre Vorstellungen über KI sind oft von den intelligenten Maschinen aus Film und Literatur geprägt. Zusätzlich werden diese bekannten Beispiele von Journalisten oft als Vergleiche bei Berichten über die KI herangezogen. Der entlarvende Vergleich dieser Muster zu einem wirklichen Produkt der KI deckt die falschen Vorstellungen auf, die dadurch von der KI erzeugt werden.

Stellt man die Leitfrage dieses Abschnittes ohne den Zusatz "noch" (und lässt die Realisierung der Hardware unberücksichtigt), dann ist sie nicht mehr beantwortbar, es sei denn man wird kategorisch, unabhängig davon ob man die Möglichkeit einer programmierten Intelligenz ablehnt oder als gegeben ansieht. In einer abschließenden Diskussion soll gemeinsam mit den Schülern erarbeitet werden, dass aus der heutigen Sicht vieles gegen die Möglichkeit intelligenter Computer und die Algorithmisierbarkeit von menschlichem Verstand spricht, dass aber aufgrund unseres geringen Wissens über unser mächtigstes Werkzeug die prinzipielle Möglichkeit nicht ausgeschlossen werden kann. Daraus ergibt sich die nüchterne Frage, wie heute und in Zukunft mit den Errungenschaften der KI umgegangen werden soll.

---

<sup>57</sup> Ein Vorschlag hierzu wird in Anhang 3 gemacht.

## VI Schlussbemerkung

Die Menschen stärken, die Sachen klären

HARTMUT VON HENTIG

Ziel dieser Examensarbeit war es, das die KI als elementares Thema der Informatik zu begründen und eine für die Bildung der Schüler förderliche Zusammenarbeit mit dem Fach Philosophie auf diesem Gebiet anzuregen. Diskussionen mit Kollegen und Schülern zeigten schnell, dass mein persönliches Interesse an diesem Thema allgemein geteilt wird. Die Bereitschaft und der Wunsch sich im Unterricht mit der KI zu beschäftigen ist groß und wird von den Schülern (seit sie von dem Thema dieser Arbeit wissen) sogar eingefordert. Diese hohe Motivation der Schüler und auch der Lehrer aus verschiedensten Fächern ist sicher kein Sonderfall an meiner Ausbildungsschule.

Die Motivation der Schüler und Lehrer und das in der Arbeit beschriebene interdisziplinäre Wesen der KI-Forschung bieten einen idealen Ausgangspunkt, um fächerübergreifende Arbeitsweisen in der Oberstufe zu praktizieren und auch ein Beispiel für weitere fächerübergreifende Projekte anzugehen. Ich werde die vorgestellte Unterrichtsreihe gemeinsam mit dem Philosophielehrer in meinem Informatikkurs und dem Philosophiekurs wie vorgestellt in den letzten 6 Wochen des Schuljahres durchführen. Interesse an dem Thema wurde auch vom Pädagogikkurs angemeldet, der zu der Zeit das Thema "Lernen" behandelt, was sich wie oben beschrieben auch einen zentralen Aspekt der KI-Forschung darstellt.

Trotz des starken Interesses an dem Thema KI ist die Kenntnis, was denn wirklich dahinter steckt, nicht sehr groß. Die in der Arbeit beschriebenen Einstellungen der Ablehnung und des Enthusiasmus sind (meist sauber getrennt nach Lehrern und Schülern) stets erkennbar. Die Unterrichtsreihe soll hier tatsächlich Aufklärung bewirken. Dass die Leitfrage "Können Computer denken?" im Unterricht (und auch wohl sonst) nicht abschließend beantwortet werden kann, mag in etwas enttäuschend anmuten. Gerade diese Erkenntnis ist aber eines der Lernziele.

Das vorrangige Ziel der skizzierten Unterrichtsreihe ist es, den Schülern einen realistischen Einblick in das Gebiet der KI zu geben. Wenn dies gelungen ist, sollten die Schüler erkennen, dass in bezug auf die KI weder Ignoranz noch blinder Enthusiasmus angebracht sind. Wichtig ist ein unvoreingenommener aber kritischer Standpunkt, der dem Menschen den ihm gebührenden Platz zuweist. Er ist der Verantwortliche für den angemessenen Umgang mit den Werkzeugen und Erkenntnissen, die die KI-Forschung hervorbringt. In diesem



Sinne soll die Unterrichtsreihe auch dazu beitragen die Schüler für die Forderung zu sensibilisieren, die FRIEDRICH VON HARDENBERG vor 200 Jahren aufgestellt hat:

Vor jedem Schritt, welchen Wissenschaft und Technik nach vorwärts machen, müssen die Menschen mindestens drei Schritte zur Vervollkommnung ihrer Ethik nach innen tun.<sup>58</sup>

---

58 FRIEDRICH VON HARDENBERG, zitiert nach [BAUMANN 96]

## VII Anhang

### VII.1 *Anhang 1: TESMIK – ein deutscher Verwandter von ELIZA*

#### VII.1.1 ELIZA

ELIZA wurde 1964 – 1966 von JOSEPH WEIZENBAUM entwickelt. Es handelt sich um ein Programm, das aus zwei Modulen zusammengesetzt ist. Der erste Teil ist ein Sprachanalysator, der Texteingaben vom Benutzer entgegennimmt und analysiert. Der zweite Teil wird meistens als das "Skript" bezeichnet. Dabei handelt es sich um eine Reihe von Regeln, nach denen aus dem Eingabetext Antworten generiert werden<sup>59</sup>.

WEIZENBAUM probierte als erstes ein Skript aus, bei dem ELIZA einen Psychotherapeuten imitiert, der im wesentlichen die eingegebenen Sätze als Frage zurückgibt und gelegentlich auf bestimmte Schlüsselwörter wie "Vater" oder "Mutter" mit Aufforderungen oder Fragen wie "Erzähle mir mehr über deine Eltern" reagiert. Diese beiden Tricks, auf denen ELIZA beruht, suggerieren, dass das Programm die eingegebenen Sätze wirklich versteht<sup>60</sup>, sie lassen sich aber sehr leicht durch gezielte Eingaben als Tricks entlarven.

Durch die Reaktionen, die ELIZA hervorrief, entwickelte WEIZENBAUM einen sehr kritischen Blick auf die KI. Als entscheidende Erfahrungen für ihn selbst führt er an<sup>61</sup>:

- Praktizierende Psychiater wollten ELIZA in verbesserter Form zur automatischen Psychoanalyse in Kliniken und für den Heimeinsatz verwenden.
- Ihm bekannte Menschen, die wussten, wie ELIZA funktionierte, bauten eine intensive Beziehung zu dem Programm auf.
- Trotz der von ihm selber angemerkten Unmöglichkeit ohne Kontextwissen Sprache zu verstehen, wurde ELIZA zunächst weithin als Lösung des maschinellen Sprachverstehens angesehen. WEIZENBAUM war erschrocken über die Gläubigkeit intelligenter Menschen in eine Technik, die sie nicht kennen.

Bis heute gibt es viele Ableger und Nachfolger von ELIZA, die durch höhere Komplexität in den Verarbeitungsregeln immer schwerer zu entlarven sind. Das Prinzip, wie diese Programme arbeiten hat sich jedoch nicht geändert.

---

59 Für eine genauere Beschreibung siehe [WEIZENBAUM] S.15ff.

60 In der Therapeutenrolle verwendet ELIZA auch oft die Floskeln "I understand that you...".

61 [WEIZENBAUM] S. 17ff.

### VII.1.2 TESMIK

Für den Einsatz in der Unterrichtsreihe habe ich das Programm TESMIK ausgewählt. Es handelt sich um eine Portierung des ELIZA-Programms von MAREN ARNHOLD von der Universität Göttingen. TESMIK bietet einige Vorteile:

- Das Programm ist auf deutsch und hat eine einfache graphische Oberfläche.
- Das Programm ist frei im Internet erhältlich<sup>62</sup>.
- Die Regeln, nach denen die Antworten generiert werden, können angezeigt werden. Außerdem sind sie gut dokumentiert. Dadurch können die Schüler die Arbeitsweise des Programms eigenständig nachvollziehen.
- Die Regeln können editiert werden. Dies bietet die Möglichkeit, dass die Schüler durch eigenes Erstellen eines Skriptes wirklich erfahren, dass das Programm auf einfachen Tricks beruht.

TESMIK soll in der Unterrichtsreihe ganz zu Beginn eingesetzt werden. Die Schüler sollen sich mit TESMIK unterhalten und sich über ihre Erfahrungen austauschen. Dazu wird ein Skript zum Thema "Schulalltag" mit Bezug auf die eigene Schule erstellt, um die Schüler zunächst möglichst zu beeindrucken. Aus dieser praktischen Erfahrung sollen die Aufträge an den Informatikkurs (Untersuchung: Wie arbeitet das Programm?) und an den Philosophiekurs (Klärung: Was bedeutet Verstehen? Ist das, was TESMIK leistet, Verstehen?) gegeben werden.

Das Programm wird dann anhand der Dokumentation im Informatikkurs analysiert. Anschließend erhalten die Schüler den Auftrag ein Skript zu einem selbstgewählten Thema zu schreiben. Damit würden dann für eine eventuelle abschließende Präsentation des Themas viele verschiedene "künstliche Gesprächspartner" zur Verfügung stehen.

## VII.2 Anhang 2: Der TURING-Test

Dieser Test wurde 1950 von ALAN M. TURING zur Klärung der Frage "Können Maschinen denken?" vorgeschlagen. Es geht bei ihm darum, dass eine Testperson in einem Dialog mit Menschen und einem Computerprogramm herausfinden soll, wer von beiden der Mensch ist. Der Dialog findet über ein Fernschreibersystem statt, um den Test rein auf den Inhalt des Dialogs zu reduzieren. Es gilt weiterhin folgende Regel: Der Mensch muss immer wahrheitsgemäß antworten, um die Testperson zu überzeugen er sei ein Mensch. Der Computer darf sagen, was er will und somit auch lügen. Kommt die Testperson in dem Dialog zu der Auffassung, das Computerprogramm wäre

---

<sup>62</sup> <http://mzs.sowi.uni-goettingen.de/mitarbeitende/arnhold/tesmik/index.html>

der Mensch, so hat dieses Programm den TURING -Test bestanden.

Das Entscheidende an dem Test ist, dass nicht mehr gefragt wird, ob die Maschine (die von TURING mit einem Computerprogramm gleichgesetzt wird) intelligent ist, sondern nur noch, ob ihr Verhalten dem eines intelligenten Menschen gleicht. Diese Sichtweise beruht auf der Tradition des Behaviourismus.

Für die Unterrichtsreihe eignet sich der TURING -Test, weil auch in dieser Unterrichtsreihe die Frage nach künstlicher Intelligenz auf die Frage nach maschinell Sprachverstehen reduziert werden soll. Die Schüler sollen nach dieser "Modifizierung" der Ausgangsfrage einen abgewandelten TURING -Test mit dem Programm TESMIK durchführen, wo der Dialog nur zwischen Testperson und Computerprogramm stattfindet. Im Philosophiekurs kann die Frage nach dem Begriff der Intelligenz, der dem TURING -Test zugrundeliegt aufgegriffen werden.

### **VII.3 Anhang 3: Vergleich Mensch, Science-Fiction-Roboter, ELIZA**

Ich schlage für den Vergleich zwischen einem Menschen und einem intelligenten Roboter aus der Science-Fiction den Androiden DATA aus der Serie "Star-Trek - die nächste Generation" vor. In der Regel läuft auf irgendeinem Sender eine Wiederholung, so dass Schüler die Möglichkeit haben sich zu Hause eine Folge anzusehen. Dazu können Sie Fragen nach den Unterschieden zwischen DATA und den Menschen sowie DATA und Programmen wie ELIZA beantworten.

Alternativ kann im Unterricht ein kurzer exemplarischer Filmausschnitt gezeigt werden. Passend ist beispielsweise ein Ausschnitt aus dem Film "Star Trek – Der erste Kontakt", in dem Captain Picard (P) und DATA (D) ein "antikes" Raumschiff untersuchen:

P: Erstaunlich, finden Sie nicht? (Pause) Dieses Schiff ist einmal eine Atomrakete gewesen.

D: Hm. Es ist eine Ironie der Geschichte. Dr. Cockrane sucht sich eine Massenvernichtungswaffe aus, um damit eine Ära des Friedens einzuleiten.

P: (Schmunzelt. Berührt die Rakete) Davon habe ich als Junge geträumt. Ich habe dieses Schiff bestimmt hundertmal im Smithsonian gesehen, aber ich durfte es nie berühren.

D: Sir, ändert der Tastkontakt ihre Einstellung zu der Phoenix?

P: Oh ja, Berührungen können Menschen mit Objekten verbinden. Auf sehr persönliche Weise. Sie werden dadurch viel realer.

D: (Fasst die Rakete ebenfalls an) Ich bemerke Unvollkommenheiten im Titanmantel, Temperaturveränderungen im Treibstoffansaugrohr, trotzdem erscheint es mir nicht realer als noch vor einem Moment.

Diese Situation ist relativ typisch, da DATA stets von seinem "Lehrer" Picard etwas über das "Menschsein" herausfinden möchte.

Es lassen sich mehrere Unterschiede zwischen DATA und ELIZA herausarbeiten:

- DATA hat Weltwissen. Aus dem Hinweis auf eine Atomrakete kann er diese als Massenvernichtungswaffe identifizieren, weiß in welchem historischen Zusammenhang das Raumschiff steht und erkennt sogar die "Ironie der Geschichte".
- DATA kann seine Umgebung wahrnehmen und auf sie reagieren. DATA wird selber aktiv. Er reagiert nicht nur, sondern stellt selbst aktiv Fragen und versucht durch das Anfassen der Rakete Picards Aussagen nachzuempfinden.
- DATA zeigt Neugier und Lernbereitschaft. Er imitiert Picards Verhalten beim Anfassen der Rakete.
- Die Mimik DATAs zeigt Erstaunen, Unverständnis, Verwirrung, auch wenn er in seiner Sprache keine Gefühle zeigt.

Auf der anderen Seite bietet sich die Szene auch für einen Vergleich zwischen DATA und dem Menschen PICARD an:

- Picard schmunzelt oft. Er versteht die Komik in der Situation, vor allem die aus DATAs letzter Antwort.
- Picard drückt ganz klar Empfindungen, Gefühle und Wünsche aus, die durch Jugenderinnerungen mit seiner Person verbunden sind.
- Die Szene stellt klar heraus, dass DATA die persönliche Verbindung zu Objekten, die Picard beschreibt, nicht nachvollziehen kann.

Von diesem Ausgangspunkt lässt sich weiter überlegen, welche Aspekte des Menschseins in der KI noch nicht beachtet wurden.

## VIII Literaturverzeichnis

- [BAUMANN 93] BAUMANN, RÜDEGER: *Ziele und Inhalte des Informatikunterrichts*.  
Erschienen in: Zentralblatt für Didaktik der Mathematik 93/1, S. 9-19.
- [BAUMANN 95] BAUMANN, RÜDEGER: *Sprachverarbeitung als Mustervergleich*.  
Erschienen in: Log In 3 '95, S. 30-36.
- [BAUMANN 96] BAUMANN, RÜDEGER: *Didaktik der Informatik*. Klett, Stuttgart 1996.
- [DITFURTH] DITFURTH, HOIMAR VON: *Im Anfang war der Wasserstoff*. Deutscher Taschenbuch Verlag, München 1981.
- [GOLECKI 94 I] GOLECKI, REINHARD: Können Computer denken? - Teil I: KI - Mythos und Technik. Hamburg, 1994.  
[http://www.hamburger-bildungsserver.de/oberstufe/ki\\_teil1.pdf](http://www.hamburger-bildungsserver.de/oberstufe/ki_teil1.pdf)
- [GOLECKI 96] GOLECKI, REINHARD: Können Computer denken? -  
Unterrichtsmodul 2: Schlüsselproblem Sprachverstehen. Hamburg, 1996.  
[http://www.hamburger-bildungsserver.de/oberstufe/ki\\_umod2.pdf](http://www.hamburger-bildungsserver.de/oberstufe/ki_umod2.pdf)
- [GOLECKI 97] GOLECKI, REINHARD: Fächerübergreifender Unterricht auf der Sekundarstufe II - warum, wozu, woran, wie, wodurch?. Hamburg, 1997.  
[http://www.hamburger-bildungsserver.de/oberstufe/ifl\\_fuu.pdf](http://www.hamburger-bildungsserver.de/oberstufe/ifl_fuu.pdf)
- [GÖRZ] GÖRZ (HRSG.): *Handbuch der Künstlichen Intelligenz*. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München 2000.
- [GUDJOHNS] GUDJOHNS, HERBERT: *Verbinden - Koordinieren - Übergreifen: Qualifizierter Fachunterricht oder fächerübergreifendes Dilettieren?*.  
Erschienen in: Pädagogik 9/97, S. 41-43.
- [HAUGELAND] HAUGELAND, JOHN: *Künstliche Intelligenz - Programmierte Vernunft?*. McGraw-Hill, Hamburg 1987.
- [HELLWIG] HELLWIG, PETER: *Rechnen mit Sprache - Möglichkeiten und Probleme der maschinellen Sprachverarbeitung*. Erschienen in: Der Deutschunterricht 4/83, S. 15-38.
- [LINRW] LANDESINSTITUT FÜR SCHULE UND WEITERBILDUNG: *Fachübergreifender und fächerverbindender Unterricht in der gymnasialen Oberstufe*. Verl. f. Schule u. Weiterbildung, Kettler, Bönen 1999.
- [LEHRPLAN] MINISTERIUM FÜR SCHULE UND WEITERBILDUNG, WISSENSCHAFT UND FORSCHUNG DES LANDES NRW: *Richtlinien und Lehrpläne für die Sekundarstufe II - Gymnasium/Gesamtschule Informatik*. Ritterbach Verlag, Frechen 1999.

- [RITTER] RITTER, HELGE: Die Evolution der künstlichen Intelligenz. Aus :  
Computer. Gehirn: Was kann der Mensch? Was können Computer? -  
Begleitpublikation zur Sonderausstellung im Heinz Nixdorf  
MuseumsForum. Schöningh, Paderborn, München, Wien, Zürich 2001.
- [SAHR] SAHR, ACHIM: *Maschinelle Sprachverarbeitung durch menschliche  
Intelligenz - Der Computer als Sprach-Maschine*. Erschienen in: Log In  
2 '89, S. 11-21.
- [TICHY] TICHY, MATHIAS: *Wer hat Angst vor dem Computer? -  
Fächerübergreifender Unterricht Philosophie - Informatik*. Erschienen in:  
Zeitschrift für Didaktik der Philosophie und Ethik 2/96, S. 115-123.
- [TURING] TURING, ALAN: Kann eine Maschine denken?. Aus ZIMMERLI, W., WOLF,  
S.: *Künstliche Intelligenz - Philosophische Probleme*. Reclam, Stuttgart  
1994.
- [WEIZENBAUM] WEIZENBAUM, JOSEPH: *Die Macht der Computer und die  
Ohnmacht der Vernunft*. Suhrkamp Verlag, Frankfurt 1977.